

## **7"52 - RECORD DE ESPAÑA DE 60MV MASCULINO DE JACKSON QUIÑONEZ:**

### **ESTUDIO BIOMECÁNICO ZANCADA A ZANCADA.**

*Autores: Pablo González Frutos, Javier Mallo Sainz, Santiago Veiga Fernandez, Enrique Navarro Cabello.*

#### **1. INTRODUCCIÓN**

Los resultados que a continuación se presentan hacen referencia al **Record de España de 60 metros vallas** (en adelante, mv) conseguido por el atleta **Jackson Quiñonez (JQ)** en la final del **44º Campeonato de España de pista cubierta - Valencia 08**.

Estos datos forman parte de un estudio global de todas las series de 60 mv y 60 metros lisos (ml) durante el 44º Campeonato de España y el 12<sup>th</sup> IAAF World Indoor Championship Valencia 2008, en las cuales se aplica una nueva metodología para la obtención de variables espaciales y temporales de todas las zancadas durante la competición.

#### **2. MATERIAL Y MÉTODO**

Para la filmación de las pruebas se emplearon seis cámaras que se colocaron sobre la tribuna permaneciendo fijas durante la grabación de las carreras. La frecuencia de muestreo de las cámaras fue de 50 Hz. La cámara 1 registraba desde la posición de salida hasta los 13 primeros metros, la cámara 2 desde los 13 hasta los 30 m, la cámara 3 desde los 30 hasta los 47 m y la 4 cámara los últimos 13 m de la prueba (47-60 m). Para evitar la pérdida de datos por oclusión de puntos, se dispusieron dos cámaras frontales. Una de ellas, la cámara 5, abarcaba la primera mitad de la prueba (0-30 m), incluyendo al juez de salida para registrar el disparo, y la otra cámara frontal, la cámara 6, registraba los 30 m finales (30-60 m).

Sobre las imágenes capturadas se digitalizaron los puntos de apoyo y de despegue de los pies de los atletas en la pista. Para determinar las coordenadas (x, y) de los apoyos sobre la pista se desarrolló un sistema de calibración utilizando las líneas de la pista de atletismo y se aplicaron algoritmos matemáticos basados en el procedimiento de la "Direct Lineal Transformation" (DLT; Abdel-Aziz & Karara, 1971). Este proceso se llevó a cabo en el Laboratorio de Biomecánica Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF) de Madrid. Antes del inicio del estudio, se validó la técnica experimental empleada en la presente investigación, determinándose un error "RMS" (Root Mean Square; Allard et al., 1995) en la reconstrucción de la longitud y anchura de las zancadas inferior a 4 cm para todas las cámaras.

#### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

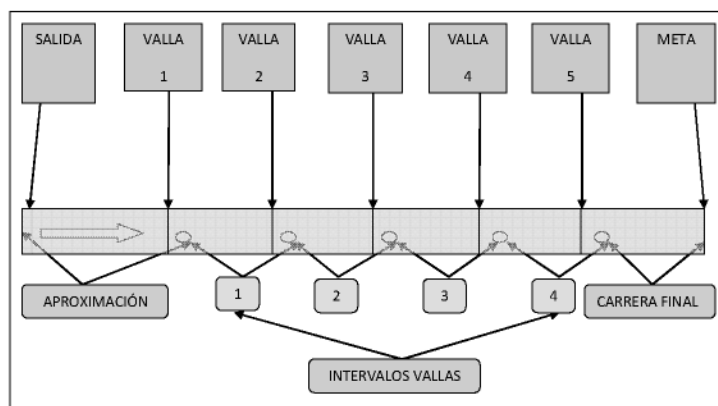
Para una mejor valoración de estos datos se acompañan valores de referencia de otros estudios y/o de los valores medios de los ocho finalistas de dicho campeonato.

### 3.1. TIEMPOS PARCIALES E INTERVALOS

Desde un punto de vista biomecánico las carreras de vallas pueden ser divididas en las siguientes fases (modificado de Brüggemann, 1990):

- Aproximación (incluye el franqueo de la primera valla).
- Intervalos de vallas (carrera y franqueo de vallas).
- Carrera final.

El tiempo cero de las pruebas en la filmación fue establecido por la señal luminosa de la pistola del juez de salidas, que a su vez activa el cronometraje electrónico oficial. Los tiempos en las vallas se tomaron al efectuar el contacto tras su franqueo y el tiempo de llegada con el tiempo oficial de la prueba. Las fases se calcularon a partir de dichos tiempos (Figura 1).



**Figura 1. Esquema fases de las carreras de 60 metros vallas**

Comparando los datos de Jackson Quiñonez con la media de demás finalistas se puede observar una gran diferencia en todas las fases (Tabla 1). Es conveniente considerar que la participación en dicha final de Felipe Vivancos influyó en que la media fuese menor, ya que su resultado, junto con el de Quiñonez, fueron muy diferentes al del resto de participantes, como se puede observar en la Figura 2.

Tabla 1. TIEMPOS PARCIALES Y DE LOS INTERVALOS (s)							
atleta	TV1	TV2	TV3	TV4	TV5	T60	ti1-4
	tap	ti1	ti2	ti3	ti4	tfin	
Jackson Quiñonez	2,56	3,62	4,62	5,62	6,64	7,52	
	2,56	1,06	1,00	1,00	1,02	0,88	3,06
Media Final Cto.España	2,69	3,80	4,89	5,98	7,08	8,03	
	2,69	1,11	1,09	1,09	1,10	0,95	3,29
Dif Jackson-Media Cto Esp	-0,13	-0,05	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,23

TV: tiempo al caer de las vallas y final    tap: tiempo fase aproximación    ti: tiempo intervalos    tfin: carrera final

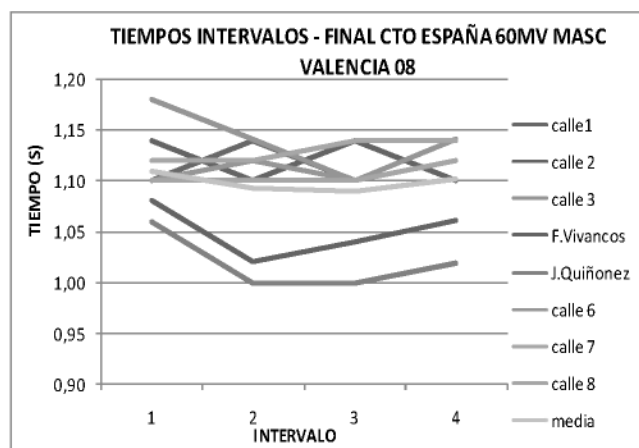


Figura 2. Tiempos intervalos vallas final 44º Cto. España absoluto 60 mv masculino.

Comparando con los datos de la final de Seúl 1988 en la prueba de 110 mv (Tabla 2) vemos que:

- 1) en la fase de aproximaci6n es mejor que Colin Jackson y Anthony Campbell;
- 2) el tiempo del primer intervalo puede ser el de menos nivel, donde iguala a Campbell;
- 3) en los restantes intervalos tiene los mejores parciales lo cual le lleva a igualar en la suma de los tres primeros intervalos (ti1-4) la excepcional marca de Kingdom (12"98).

Por lo tanto, hasta la 5ª valla, se podra concluir que los parámetros del nuevo récord de España de JQ se encontraran entre las de mayor talla mundial de todos los tiempos.

Tabla 2. TIEMPOS FINAL SEUL 1988 - 110MV (s) (BRÜGGEMANN,1990)						
atleta	tap	ti1	ti2	ti3	ti4	ti1-4
Roger KINGDOM (12"98)	2,55	1,05	1,01	1,00	1,00	3,06
Colin JACKSON (13"28)	2,57	1,04	1,04	1,02	1,03	3,10
Anthony CAMPBELL (13"38)	2,60	1,06	1,03	1,00	1,00	3,09
tap:tiempo fase aproximaci6n _ ti:tiempo intervalos						

### 3.2. LONGITUD DE ZANCADAS

**Fase de aproximaci6n:** Resulta importante resaltar el hecho de que la media de los finalistas y el patr6n aportado por Schmolinsky (citado por Gil, 1991) es muy similar (Tabla 3). Comparando a JQ con estos datos resalta que la zancada de mayor longitud es la última. Esto se debe a que consigue disminuir la longitud de zancada en las primeras siete (con excepci6n de la 1ª y la 3ª). Como mas adelante veremos, esto le permite a JQ tener una distancia de ataque a la 1ª valla similar a la del resto de vallas.

Tabla 3. LONGITUD DE ZANCADA CARRERA DE APROXIMACIÓN (m)									
atleta	1ª ZANCADA	2ª ZANCADA	3ª ZANCADA	4ª ZANCADA	5ª ZANCADA	6ª ZANCADA	7ª ZANCADA	8ª ZANCADA	dist ataque
Jackson Quiñonez	0,64	1,07	1,43	1,38	1,65	1,62	1,91	1,96	2,06
Media Cto Esp	0,55	1,13	1,38	1,47	1,69	1,72	1,92	1,83	2,02
Dif Jackson-Media Cto Esp	0,09	-0,06	0,05	-0,09	-0,04	-0,10	-0,01	0,13	0,04
Patrón según Schmolinsky	0,6	1,1	1,35	1,5	1,65	1,8	1,9	1,8	2,02
dif Jackson-Schmolinsky	0,04	-0,03	0,08	-0,12	0,00	-0,18	0,01	0,16	0,04

Zancadas entre vallas (ver Figura 3): Es remarcable que JQ consigue disminuir la longitud del paso sobre la valla (PV) una media de 37 cm (JQ 3,44 m – Finalistas 3,81 m), lo cual le permite aumentar la longitud del resto de pasos.

Si observamos estas medidas en porcentaje las mayores diferencias se observan en el paso de valla (JQ 38% - Finalistas 42%).

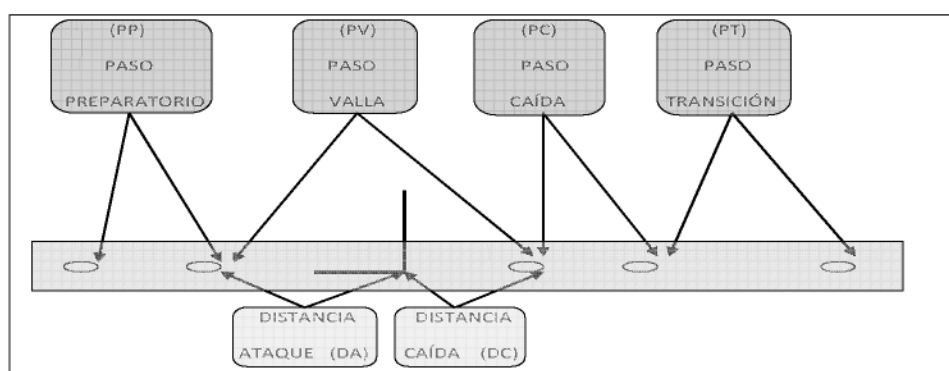


Figura 3. Modelo empleado para la medición de las zancadas entre vallas.

Tabla 4. LONGITUD DE ZANCADA ENTRE VALLAS								
JACKSON QUIÑONEZ								
	LONGITUD DE ZANCADA EN LOS INTERVALOS (m)				LONGITUD DE ZANCADA EN LOS INTERVALOS (%)			
	PP	PV	PC	PT	PP	PV	PC	PT
valla 1	1,96	3,47	1,49	2,04	22	39	17	23
valla 2	2,08	3,48	1,67	1,97	23	38	18	21
valla 3	2,05	3,44	1,61	2,08	22	38	18	23
valla 4	2,08	3,39	1,60	2,14	23	37	17	23
valla 5	2,01	3,42	1,69	2,02	22	37	19	22
media 5v	2,04	3,44	1,61	2,05	22	38	18	22
MEDIA FINAL CTO ESPAÑA								
	LONGITUD DE ZANCADA EN LOS INTERVALOS (m)				LONGITUD DE ZANCADA EN LOS INTERVALOS (%)			
	PP	PV	PC	PT	PP	PV	PC	PT
valla 1	1,83	3,77	1,49	1,92	20	42	17	21
valla 2	1,89	3,81	1,43	1,93	21	42	16	21
valla 3	1,91	3,94	1,44	1,97	21	42	16	21
valla 4	1,87	3,79	1,48	1,98	21	42	16	22
valla 5	1,86	3,75	1,48	2,04	20	41	16	22
media 5v	1,87	3,81	1,46	1,97	21	42	16	22

PP paso preparatorio \_ PV paso de valla \_ PC paso de caída \_ PT paso de transición

### Carrera final:

Nuevamente observamos que la zancada de caída tras la valla sigue siendo mayor que el resto en la fase final (Tabla 5).

En la 2ª zancada apenas hay diferencias pero, si observamos la tabla de las longitudes del paso de transición (PT) en los intervalos (Tabla 4), vemos que es porque la media de los finalistas cambia en el segundo paso tras la última valla mientras que JQ mantiene una longitud similar a la del resto de vallas.

En el resto de zancadas JQ consigue mayores longitudes de zancada.

Tabla 5. ZANCADAS TRAMO FINAL (m)				
	1ª ZANCADA	2ª ZANCADA	3ª ZANCADA	4ª ZANCADA
Jackson Quiñonez	1,69	2,02	2,33	2,67
Media Cto.Esp	1,48	2,04	2,23	2,55
Dif Jackson-Media Cto Esp	0,21	-0,03	0,11	0,13

### 3.3. DISTANCIA DE ATAQUE Y CAÍDA

La longitud del paso de valla la podemos descomponer en la distancia de ataque a la valla y distancia de caída de valla (Figura 3).

Si ya observamos anteriormente que el conjunto del paso de valla es menor en JQ, aquí vemos que esto se debe a la disminución de la distancia de caída (Tabla 5).

Así bien, si tomamos como referencia el modelo aportado por Francisco Gil en el libro de Carreras de la RFEA: distancia de ataque 2.20-2.30 m y distancia de caída 1.30-1.40 m, vemos que la distancia de ataque es inferior tanto para JQ como para la media de los finalistas y que la distancia de caída se encuentra dentro de los valores para JQ y muy por encima en los finalistas.

Habría que tener en cuenta la estatura de los participantes para valorar adecuadamente estos datos (así como los demás), siendo posible que una mayor estatura de JQ le permita atacar la valla cerca sin que eso aumente la distancia de caída. Mientras que si el resto de finalistas tienen menor estatura necesitarán realizar dicho ataque a mayor distancia para que el franqueo de la valla termine más cercano a ésta.

Tabla 6. DISTANCIA DE ATAQUE Y DISTANCIA DE CAÍDA								
	JACKSON QUIÑONEZ				MEDIA FINAL CTO ESPAÑA			
	ATAQUE (m)	CAÍDA(m)	ATAQUE (%)	CAÍDA(%)	ATAQUE (m)	CAÍDA(m)	ATAQUE (%)	CAÍDA(%)
valla 1	2,06	1,41	59	41	2,02	1,75	54	46
valla 2	2,12	1,36	61	39	2,10	1,71	55	45
valla 3	2,10	1,34	61	39	2,15	1,79	55	45
valla 4	2,03	1,36	60	40	2,06	1,72	54	46
valla 5	2,03	1,40	59	41	2,10	1,65	56	44
media 5v	2,07	1,37	60	40	2,09	1,72	55	45

### 3.4. OTRAS VARIABLES

### Ancho de las zancadas

El ancho de zancada es el desplazamiento lateral que se produce en cada zancada y que podríamos relacionar con el desequilibrio.

En general no se observan diferencias importantes entre JQ y el resto, apuntando tan solo el menor desplazamiento lateral en el paso de transición por parte de JQ (JQ 16 cm – Finalistas 24 cm). Resaltar que, en general, el menor desplazamiento lateral se produce en el paso de valla y el mayor en el paso de transición (Tabla 7).

### Tiempo de zancada

En el tiempo de zancada consta del tiempo de apoyo y el tiempo de vuelo hasta realizar el siguiente contacto en el suelo.

Tanto en la fase de aproximación como el tramo final no se aprecian grandes diferencias, siendo las mayores en el tiempo del paso de valla donde Jackson emplea menor tiempo (JQ 0,43 s - Finalistas 0,50 s) (Tabla 7).

### Tiempo de contacto

No hay diferencias importantes entre ambos, posiblemente la frecuencia de muestreo empleada (50 Hz) es insuficiente para la determinación precisa de esta variable. Se adjunta algunos valores en la Tabla 7 como referencia.

Los tiempos de apoyo se pueden expresar en porcentaje respecto al tiempo de zancada.

Observamos diferencias con los datos aportados por Radiuk (citado por Francisco Gil, falta cita) el cual fija en un 60% la fase de apoyo en las zancadas entre vallas, mientras que en nuestro estudio observamos valores de 51% en JQ y 52% para la media de los finalistas.

### Velocidad de las zancadas

Esta variable se ha calculado mediante el siguiente cálculo:

Velocidad zancada = Longitud de zancada/Tiempo zancada

Por ello si consideramos que la proyección vertical del centro de gravedad sobre el suelo se sitúa a la misma distancia del pie en todos los apoyos podemos asumir que estamos midiendo la velocidad del centro de gravedad.

Las mayores diferencias se sitúan en las zancadas de paso de vallas, y en especial en el paso de transición (0,83 m/s de diferencia) donde es casi el doble de diferencia que en el resto de pasos (0,41-0,45-0,49 m/s de diferencia) (tabla 7).

Tabla 7. OTROS PARAMETROS ZANCADAS PASOS ENTRE VALLAS				
	PP	PV	PC	PT
ANCHO ZANCADA	0,11	0,06	0,12	0,16
	0,13	0,09	0,17	0,24
	-0,02	-0,03	-0,05	-0,08
TIEMPO ZANCADA	0,21	0,43	0,16	0,22
	0,20	0,50	0,16	0,24
	0,01	-0,07	0,01	-0,01
TIEMPO APOYO	0,12	0,13	0,08	0,11
	0,11	0,12	0,08	0,12
	0,01	0,00	-0,01	-0,01
VELOCIDAD ZANCADA	9,62	8,05	9,83	9,16
	9,21	7,61	9,34	8,33
	0,41	0,45	0,49	0,83
PPpaso preparatorio_PV paso de valla_PC paso de caída_PT paso de transición				

JQ	
finalistas	
Dif JQ-Finalistas	

En la carrera final se muestra una mayor diferencia a medida que avanzan las zancadas (Tabla 8).

Tabla 8. VELOCIDAD ZANCADA TRAMO FINAL (m/s)				
	1ª ZANCADA	2ª ZANCADA	3ª ZANCADA	4ª ZANCADA
Jackson Quiñonez	9,41	9,16	9,72	10,28
Media Cto.Esp	9,47	8,45	8,92	9,01
Dif Jackson-Media Cto Esp	-0,07	0,72	0,80	1,28

#### 4. CONCLUSIONES

Dado que en las carreras con vallas éstas condicionan el desarrollo de las zancadas a lo largo de la prueba, el poder medir como realizan el reparto de las zancadas nos puede dar una información clave para su entrenamiento. Vemos, por tanto, como ésta metodología sirve de gran apoyo para localizar los aspectos en los que residen las claves del rendimiento. No obstante, aquí lo hemos abordado de forma prácticamente descriptiva, de la forma más gráfica posible, aprovechando el Récord de España de Jackson Quiñonez. En un futuro presentaremos estudios más exhaustivos incorporando un tratamiento estadístico más profundo.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Agradecer al profesor José Campos por coordinar y facilitar los estudios biomecánicos desarrollados durante el 44º Campeonato de España Absoluto y el 12º Campeonato del Mundo en pista cubierta en el Palau Velódrom Lluís Puig de Valencia en 2008, así como a la RFEA y la IAAF.

A la Escuela Nacional de Entrenadores de Atletismo (ENE) por facilitar la documentación con que cuentan.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

ABDEL AZIZ YI, KARARA HM (1971) Direct linear transformation: from comparator coordinates into object coordinates in close-range photogrammetry. *Proceedings ASPUI Symposium on Close-Range Photogrammetry. American Society of Photogrammetry, Church Falls, VA*, pp. 1-19.

ALLARD P, BLANCHI JP, AÏSSAUI (1995) Bases of three-dimensional reconstruction. En *Three Dimensional analysis of human movement* (editado por P.Allard, I.A.F. Stokes & J.P. Blanchi), pp.19-40. Champaign, IL: Human Kinetics.

BRÜGGEMANN GP (1990) Time analysis of the sprint events: Scientific research project at the games of the XXXIV Olympiad Seoul 1988. *New studies in athletics supplement* 1990: 11-65.

BRÜGGEMANN GP (1990) Time analysis of the 110 metres and 100 metres hurdles: Scientific research project at the games of the XXXIV Olympiad seoul 1988. *New Studies in Athletics supplement* 1990: 91-129.

GIL F (1991) Atletismo 1: Carreras con vallas. *Real Federación Española de Atletismo, 4ª edición*, pp. 77-168.

Para cualquier duda o consulta de cualquier entrenador, atleta u otro interesado:

[pablo.gonzalez.frutos@alumnos.upm.es](mailto:pablo.gonzalez.frutos@alumnos.upm.es) o [pablestre@hotmail.com](mailto:pablestre@hotmail.com)